

**CONVERSIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL ANÁLOGO A DIGITAL  
DEL GRUPO ELECTRÓGENO DEL EDIFICIO DE SISTEMAS DE LA  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA**

**MIGUEL DARIO DOMINGUEZ CASTAÑO**

**FACULTAD DE TECNOLOGÍAS  
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA EN MECATRONICA  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
PEREIRA, FEBRERO DEL 2010**

**CONVERSIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL ANÁLOGO A DIGITAL  
DEL GRUPO ELECTRÓGENO DEL EDIFICIO DE SISTEMAS DE LA  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA**

**MIGUEL DARIO DOMINGUEZ CASTAÑO**

**PROPUESTA PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
TECNÓLOGO EN MECATRONICA**

**DIRECTOR  
ING. OSIEL ARBELAEZ**

**FACULTAD DE TECNOLOGÍAS  
PROGRAMA DE TECNÓLOGO EN MECATRONICA  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
PEREIRA, FEBRERO DEL 2010**

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Pereira, Junio del 2010

## **AGRADECIMIENTOS**

Mis más sinceros agradecimientos a todas las personas que me apoyaron y aportaron su conocimiento para poder llevar a cabo este proyecto.

Ingeniero Hernando Domínguez Olmos

Ingeniero Gonzalo Domínguez Olmos

Ingeniero Cesar Cortés

Ingeniero Orlando Cañas

Ingeniero Osiel Arbeláez

H.D.O de Colombia LTDA

## TABLA DE CONTENIDO.

1.	TÍTULO DEL PROYECTO .....	8
2.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	8
3.	JUSTIFICACION .....	9
4.	OBJETIVOS .....	9
4.1.	GENERAL .....	9
4.2.	ESPECÍFICOS .....	9
5.	MARCO DE REFERENCIA .....	10
5.1.	MARCO HISTORICO .....	10
5.2.	MARCO CONCEPTUAL .....	20
5.3.	MARCO CONTEXTUAL .....	25
6.	DISEÑO METODOLOGICO .....	26
6.1.	METODO .....	26
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	28
7.1.	IDENTIFICACIÓN Y ESTUDIO DE COMPONENTES DEL GRUPO GENERADOR .....	28
7.2.	IDENTIFICACION DE CONEXIONES DE LA TARJETA DE CONTROL ACTUAL .....	30
7.3.	INVENTARIO Y EVALUACION DE LOS SENSORES .....	31
7.4.	INVENTARIO Y EVALUACION DE LOS ACTUADORES. ....	31
7.5.	INSTRUMENTACION Y CABLEADO DEL EQUIPO. ....	33
7.6.	REDISEÑO DEL PLANO ELECTRICO SUGERIDO .....	36
7.7.	SELECCIÓN DEL TIPO DE CONTROLADOR, PROGRAMACIÓN E IMPLEMENTACIÓN .....	38
7.8.	PUESTA PUNTO DEL EQUIPO .....	49
7.9.	PRUEBA CON CARGA CON ENCENDIDO REMOTO .....	50
8.	CONCLUSIONES .....	54
9.	PERSONAS QUE PARTICIPAN EN EL PROYECTO .....	55
10.	BIBLIOGRAFIA .....	56
11.	ANEXO1 .....	57
12.	ANEXO 2 .....	58
13.	ANEXO 3 .....	58
14.	ANEXO 4 .....	58

## CONTENIDO DE FIGURAS

FIGURA 1 Tablero de control (anterior).....	11
FIGURA 2 Tablero de control interior (anterior) .....	12
FIGURA 3 Sensor de presión aceite.....	13
FIGURA 4 Sensor de temperatura de agua.....	14
FIGURA 5 Parte lateral del Grupo generador .....	14
FIGURA 6 Ubicación del sensor de velocidad del motor (Pick Up) .....	15
FIGURA 7 Motor sección lateral .....	16
FIGURA 8 Tanque de combustible .....	17
FIGURA 9 Tanque de combustible y medidor de nivel de combustible .....	18
FIGURA 10 Radiador .....	19
FIGURA 11 Termistor NTC .....	22
FIGURA 12 Conformación Sensor Inductivo. ....	23
FIGURA 13 Curva sensor.....	24
FIGURA 14 VDO Presión aceite .....	33
FIGURA 15 Paro de temperatura.....	34
FIGURA 16 Pick Up.....	35
FIGURA 17 Mini-Breaker .....	37
FIGURA 18 Tablero Nuevo .....	37
FIGURA 19 Interfaz de programación, entradas digitales A, B, C .....	39
FIGURA 20 Interfaz de programación, entradas digitales Presión de aceite .....	40
FIGURA 21 Interfaz de programación, entradas digitales. Temperatura del refrigerante .....	41
FIGURA 22 Interfaz de programación, Voltaje de generador .....	42
FIGURA 23 Interfaz de programación, Frecuencia del generador .....	43
FIGURA 24 Interfaz de programación, Corriente del generador .....	44
FIGURA 25 Interfaz de programación, Protección por sobrecarga .....	45
FIGURA 26 Interfaz de programación, Desconexión de motor de arranque .....	45
FIGURA 27 Interfaz de programación, Ajustes velocidad .....	46
FIGURA 28 Interfaz de programación, Alternador y batería .....	47
FIGURA 29 Paro de emergencia .....	48
FIGURA 30 Velocidad motor .....	50
FIGURA 31 Presión de aceite .....	51
FIGURA 32 Voltaje Ac F-F.....	51
FIGURA 33 Temperatura de Refrigerante .....	51
FIGURA 34 Batería y alternador .....	52
FIGURA 35 Frecuencia y Voltaje.....	52
FIGURA 36 Tablero de control instalado (interior).....	53
FIGURA 37 DSE 7320 .....	53

## CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1 Componentes exteriores tablero de control .....	28
Tabla 2 conexiones de la tarjeta <i>BROADCROWN AUTOSTART 705</i> .....	30

## 1. TÍTULO DEL PROYECTO

Conversión del sistema de control análogo a digital del grupo electrógeno del edificio de sistemas de la Universidad Tecnológica de Pereira

## 2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El sistema de control, monitoreo y medición del grupo electrógeno<sup>1</sup> del edificio de sistemas de la Universidad Tecnológica de Pereira está implementado con un sistema análogo que no permite ser monitoreado remotamente.

Los dispositivos que posee el grupo electrógeno no permiten ser modificados ni acondicionados para establecer el control digital y monitoreo remoto.

**¿Se podrá analizar, rediseñar e implementar el sistema de control y medición digital que permita monitorear las variables físicas desde el edificio inteligente del grupo electrógeno?**

- ¿Se podrá inventariar y evaluar las señales físicas y el cableado de control del generador y motor existentes?
- ¿Se podrá elegir e instalar los sensores para efectuar la medición digital?
- ¿Se podrá implementar el cableado faltante para garantizar el monitoreo de señales?
- ¿Se podrá instalar y programar un módulo digital que sea compatible con el protocolo *MODBUS RTU* mediante la vía RS-485?

---

<sup>1</sup> Conocido también como planta eléctrica.

<sup>2</sup> Dispositivo electromecánico que convierte la energía mecánica en energía eléctrica de bajo



### **3. JUSTIFICACION.**

El proyecto permite que la Universidad Tecnológica de Pereira evite una alta inversión económica en la compra de un grupo electrógeno nuevo con tecnología moderna de control, para que el equipo entre a formar parte de los nuevos sistemas de control inteligente, para el monitoreo remoto que se está implementando en la universidad.

El propósito de este proyecto fue efectuar la transformación del sistema de control y medición del grupo electrógeno, por el modulo digital *DSE 7320, AMF (AUTOMATIC MAINS FAILURE UNIT)*, que permite enviar datos mediante el protocolo *MODBUS RTU* por la vía RS485, monitorear y controlar las señales físicas del motor y generador. Se garantizo al final la confiabilidad y estabilidad de la generación de energía eléctrica.

### **4. OBJETIVOS.**

#### **4.1. GENERAL.**

- Analizar, rediseñar e implementar el sistema de control y medición digital que permita monitorear las variables físicas desde el edificio inteligente para el grupo electrógeno (planta eléctrica) del edificio de sistemas de la universidad tecnológica de Pereira, partiendo del sistema análogo existente

#### **4.2. ESPECÍFICOS.**

- Inventariar y evaluar las señales físicas y el cableado de control del generador y motor existentes
- Elegir e instalar los sensores para efectuar la medición digital
- Implementar el cableado faltante para garantizar el monitoreo de señales.
- Instalar y programar un modulo digital que sea compatible con el protocolo *MODBUS RTU* mediante la vía RS-485

## **5. MARCO DE REFERENCIA**

### **5.1. MARCO HISTORICO**

En esta sección se hace una descripción general del estado, componentes y funcionamiento actual de la maquina.

La planta eléctrica está aislada del sistema de monitoreo y control del edificio inteligente que tiene implementado la Universidad Tecnológica de Pereira.

Los instrumentos de control y medición de las variables físicas del motor y generador, son de tipo análogo.

El sistema de encendido automático remoto, es un dispositivo electrónico encargado de la puesta en marcha del grupo generador. Acciona el motor de arranque, sistema de combustible, señales de las variables físicas del motor. Esta alimentado por batería de 12 V DC. No permite modificar su configuración.

El Grupo generador es accionado por: un motor de combustión interna diesel de 4 tiempos, con velocidad de régimen de 1800 RPM la cual es garantizada por un regulador de velocidad mecánico; este contiene sistema de refrigeración por agua compuesto de ventilador-bomba-radiador (circuito cerrado), sistema de lubricación forzado mediante bomba de engranes de accionamiento positivo.

Al motor esta acoplado por medio de la volante el generador mediante discos flexibles.

El generador síncrono de 4 polos de un solo rodamiento, sin escobillas, está equipado con un regulador de voltaje (AVR), que mantiene constante el voltaje de salida.

En el panel control (Tablero de control) se encuentran instalados: El sistema de encendido automático remoto, voltímetro AC, horometro, amperímetro AC y DC, medidor de presión de aceite, medidor de temperatura del refrigerante, frecuencímetro, alarmas por alta temperatura y baja presión de aceite, selector de fases, interruptor termo magnético de protección de potencia, llave para encendido manual y automático.

El combustible se encuentra almacenado en una base-tanque, sobre la cual se encuentra instalado el grupo generador.

La batería de 12 V DC, recupera su carga mediante el accionamiento de un alternador<sup>2</sup>.

El motor de combustión interna es accionado para el encendido mediante el motor de arranque<sup>3</sup>.

---

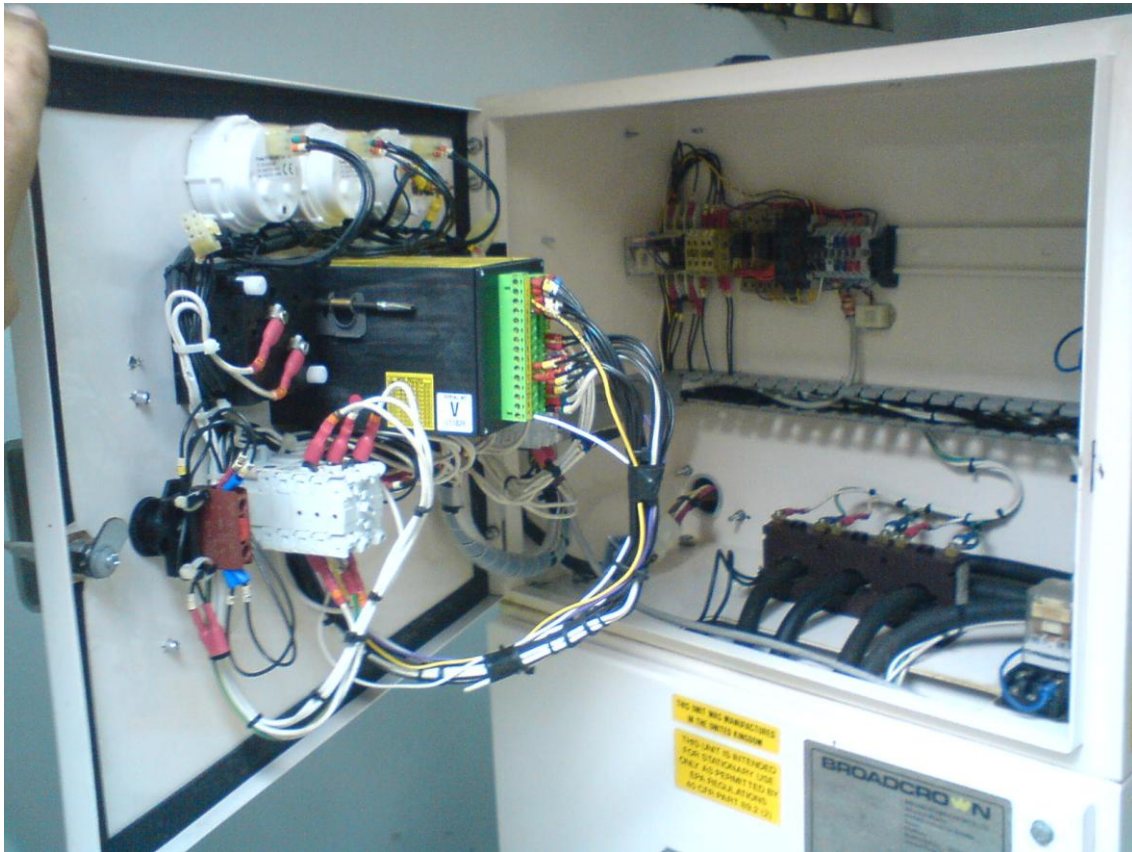
<sup>2</sup> Dispositivo electromecánico que convierte la energía mecánica en energía eléctrica de bajo nivel. Acoplado mediante poleas y correas al motor diesel.

<sup>3</sup> Dispositivo electromecánico que se encarga de dar el giro inicial para accionar el motor diesel.



**FIGURA 1** Tablero de control (anterior)  
**Fuente:** Autor.

**Tablero de control antes de conversión**



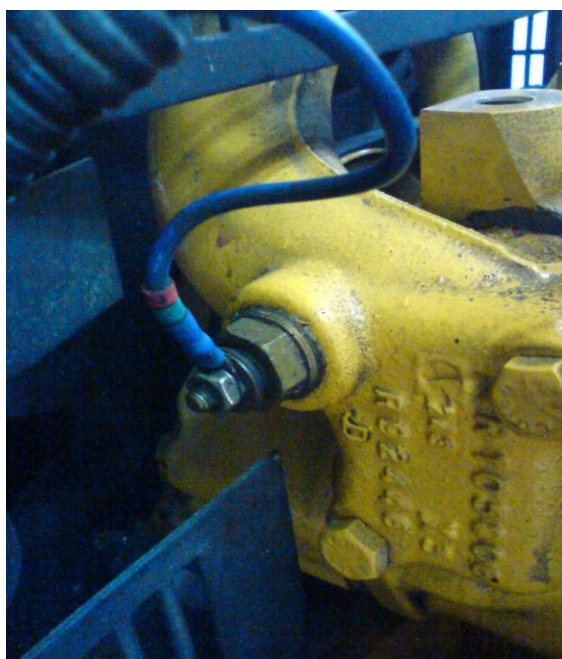
**FIGURA 2** Tablero de control interior (anterior)  
**Fuente: Autor.**

**Estado del control de control antes de ejecutar el proyecto.**



**FIGURA 3 Sensor de presión aceite**  
**Fuente: Autor.**

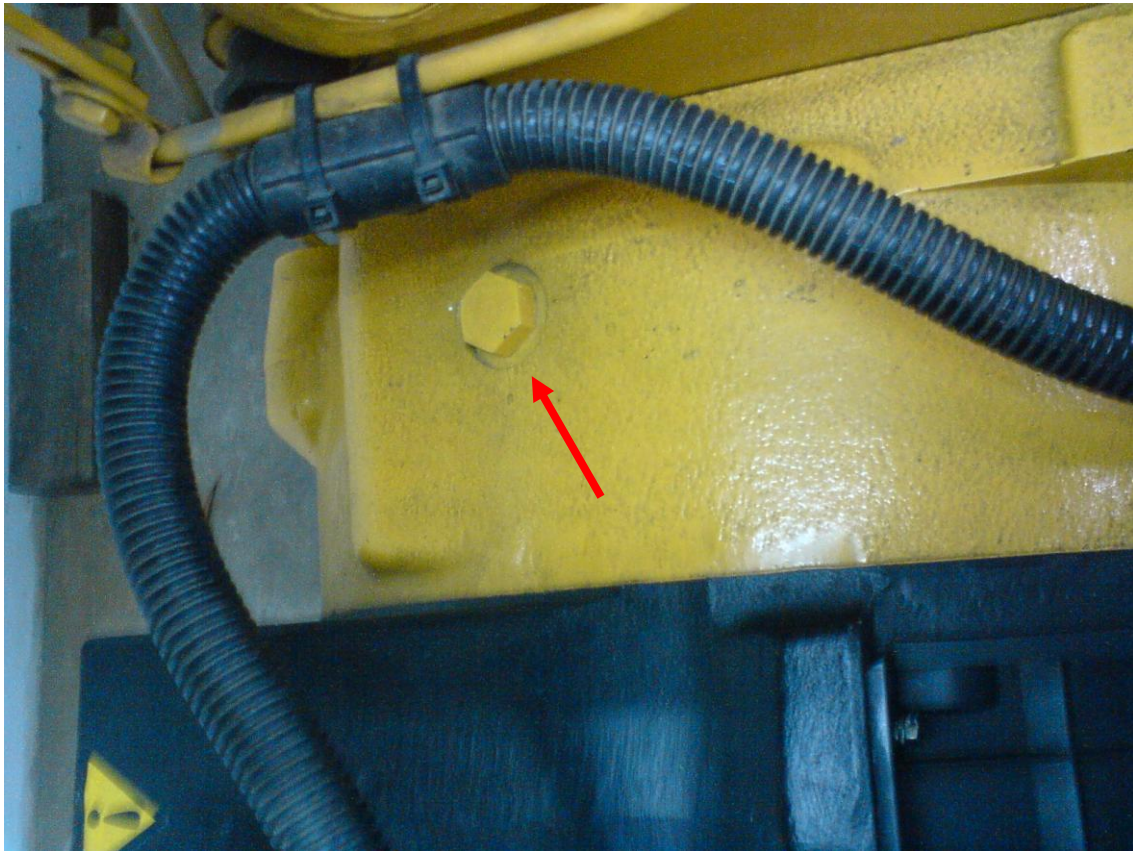




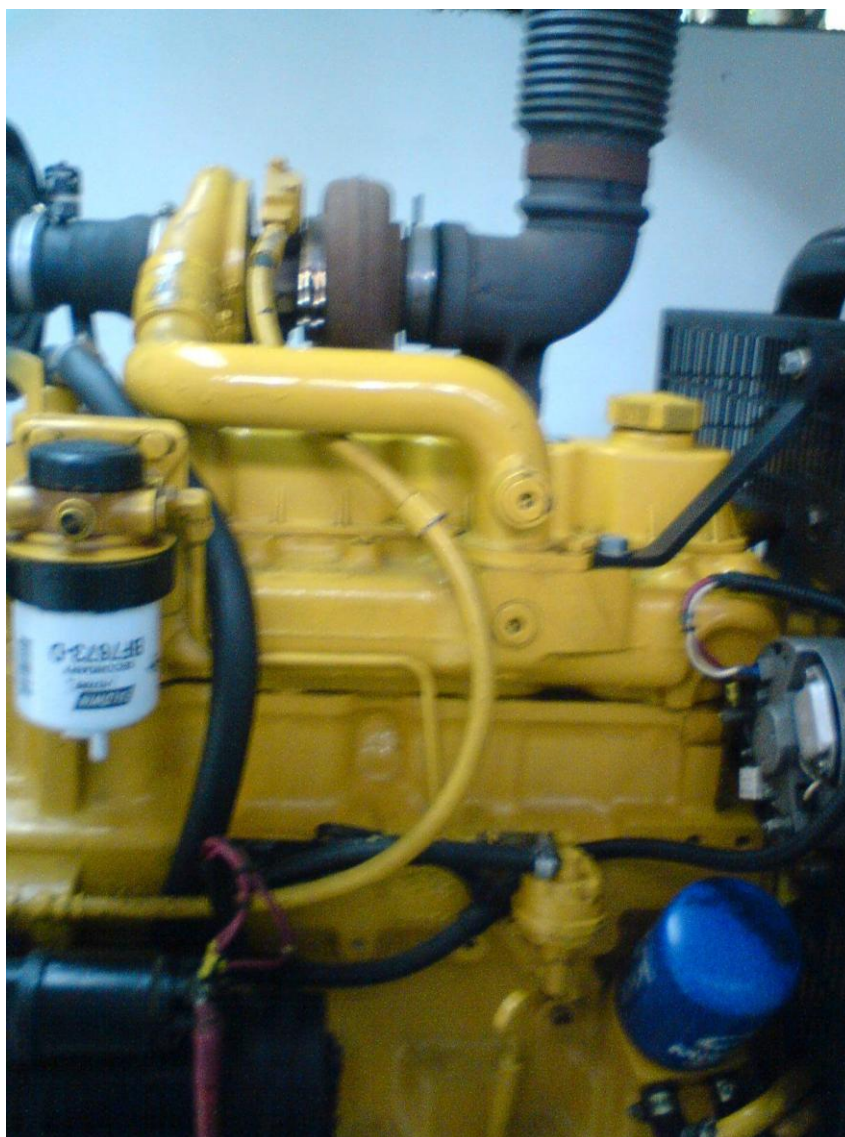
**FIGURA 4** Sensor de temperatura de agua  
**Fuente: Autor.**



**FIGURA 5** Parte lateral del Grupo generador  
**Fuente: Autor.**



**FIGURA 6** Ubicación del sensor de velocidad del motor (Pick Up)  
**Fuente: Autor.**



**FIGURA 7** Motor sección lateral  
**Fuente: Autor.**





**FIGURA 8** Tanque de combustible  
**Fuente: Autor.**



**FIGURA 9** Tanque de combustible y medidor de nivel de combustible  
**Fuente: Autor.**





**FIGURA 10** Radiador  
**Fuente:** Autor.

## 5.2. MARCO CONCEPTUAL

Conceptos o términos utilizados con mayor frecuencia en la aplicación:

**Grupo electrógeno:** Denominado también planta eléctrica. Es una maquina electromecánica destinada a la conversión de la energía mecánica generada por un motor de combustión interna en energía eléctrica producido por un generador síncrono. Su aplicación es la utilización de la energía generada por usuarios residenciales, industriales y comerciales.

**Motor de combustión interna:** Es una maquina que transforma energía química y calorífica de un combustible en energía mecánica (fuerza y movimiento)

**Generador eléctrico síncrono:** Es el elemento encargado de la conversión de la energía mecánica en eléctrica, generalmente trifásica, cuyo principio de operación se basa en la ley de Faraday y consta de una armadura, un devanado de campo y la entrada de energía mecánica a través del eje.

**Radiador:** Sistema intercambiador de calor que permite la disminución de temperatura al pasar aire a presión por los capilares de difusión.

**Velocidad nominal de rotación:** “Es la velocidad de rotación necesaria para la generación de la tensión a frecuencia nominal” [3].

**Tensión Nominal:** “La tensión entre fases en los terminales del generador a la potencia y frecuencia nominales” [4].

**Panel de control:** Estructura que tiene un grupo de instrumentos montados sobre ella. El panel puede consistir de una o varias secciones, cubículos, consolas o escritorios.

**Nivel de combustible:** Diferencia entre el nivel mínimo y máximo de combustible almacenado en el tanque.

**Presión:** Componente normal de la fuerza por unidad de área.

**Temperatura:** La **temperatura** es una magnitud referida a las nociones comunes de caliente o frío. Por lo general, un objeto más "*caliente*" tendrá una temperatura mayor, y si fuere frío tendrá una temperatura menor. Físicamente es una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definida por el principio cero de la termodinámica. Más específicamente, está relacionada directamente con la parte de la energía interna conocida como "*energía sensible*", que es la energía asociada a los movimientos de las partículas del sistema, sea en un sentido traslacional, rotacional, o en forma de vibraciones. A medida que es mayor la energía sensible de un sistema, se observa que está más "*caliente*"; es decir, que su temperatura es mayor [6].

**Combustible DIESEL:** El **gasóleo**, también denominado **gasoil** o **diesel**, es un líquido de color blancuzco o verdoso y de densidad sobre  $850 \text{ kg/m}^3$  ( $0,850 \text{ g/cm}^3$ ), compuesto fundamentalmente por parafinas y utilizado principalmente como combustible en motores diesel y en calefacción.

Cuando es obtenido de la destilación del petróleo se denomina petrodiesel y cuando es obtenido a partir de aceites vegetales se denomina biodiesel [5].

**Refrigerante:** “Un medio, liquido o gas, por medio del cual se transfiere calor” [1].

**Refrigeración:** “Procedimiento por el cual el calor resultante de las perdidas ocurridas en una maquina es cedido a un refrigerante primario que puede ser reemplazado continuamente o puede ser enfriado mediante un refrigerante secundario en un intercambiador de calor” [2].

**Sensor:** Parte de un lazo o un instrumento que detecta el valor de una variable proceso y que se asume una correspondencia, predeterminación y estado intangible o salida. El sensor puede ser integrado o separado de un elemento funcional o de un lazo. Al sensor también se le conoce como detector o elemento primario.

**AVR (Regulador Automático de Voltaje):** Es un dispositivo que tiene como función mantener el nivel de tensión en la maquina sincronía constante.

**Alarma:** Es un dispositivo o función que detecta la presencia de una condición anormal por medio de una señal audible o cambio visible discreto, o puede tratarse de ambas señales al mismo tiempo, las cuales tienen el fin de atraer la atención

**Señal remota:** Señal para accionar el encendido automático del equipo.

**Protocolo MODBUS RTU:** *Modbus* es un protocolo de comunicaciones situado en el nivel 7 del Modelo OSI, basado en la arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor, diseñado en 1979 por *Modicon* para su gama de controladores lógicos programables (PLCs). Convertido en un protocolo de comunicaciones estándar de facto en la industria es el que goza de mayor disponibilidad para la conexión de dispositivos electrónicos industriales. Las razones por las cuales el uso de *Modbus* es superior a otros protocolos de comunicaciones son:

1. es público
2. su implementación es fácil y requiere poco desarrollo
3. maneja bloques de datos sin suponer restricciones

Modbus permite el control de una red de dispositivos, por ejemplo un sistema de medida de temperatura y humedad, y comunicar los resultados a un ordenador. Modbus también se usa para la conexión de un ordenador de supervisión con una unidad remota (RTU) en sistemas de supervisión adquisición de datos (SCADA). Existen versiones del protocolo Modbus para puerto serie y Ethernet (Modbus/TCP).

Existen dos variantes, con diferentes representaciones numéricas de los datos y detalles del protocolo ligeramente desiguales. Modbus RTU es una representación binaria compacta de los datos. Modbus ASCII es una representación legible del protocolo pero menos eficiente. Ambas implementaciones del protocolo son serie. El formato RTU finaliza la trama con un suma de control de redundancia cíclica (CRC), mientras que el formato ASCII utiliza una suma de control de redundancia longitudinal (LRC). La

versión Modbus/TCP es muy semejante al formato RTU, pero estableciendo la transmisión mediante paquetes TCP/IP [8].

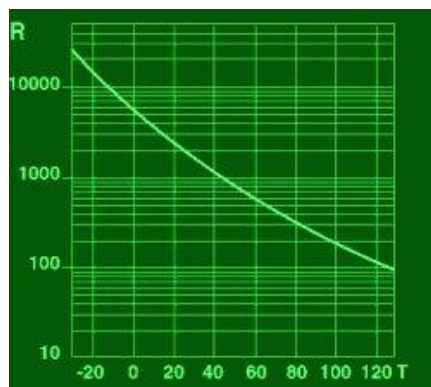
**Vía RS-485:** Está definido como un sistema en bus de transmisión multipunto diferencial, es ideal para transmitir a altas velocidades sobre largas distancias (35 Mbps hasta 10 metros y 100 Kbps en 1.200 metros) y a través de canales ruidosos, ya que reduce los ruidos que aparecen en los voltajes producidos en la línea de transmisión. El medio físico de transmisión es un par entrelazado que admite hasta 32 estaciones en 1 solo hilo, con una longitud máxima de 1.200 metros operando entre 300 y 19200 bps y la comunicación half-duplex (semiduplex). Soporta 32 transmisiones y 32 receptores. La transmisión diferencial permite múltiples drivers dando la posibilidad de una configuración multipunto. Al tratarse de un estándar bastante abierto permite muchas y muy diferentes configuraciones y utilizaciones.

Desde 2003 está siendo administrado por la Telecommunications Industry Association (TIA) y titulado como TIA-485-A.222 [7].

Principios de funcionamiento de instrumentos de medición del motor:

**Termistor:** Su funcionamiento se basa en la variación de la resistencia de un semiconductor con la temperatura, debido a la variación de la concentración de portadores. Para los termistores NTC, al aumentar la temperatura, aumentará también la concentración de portadores, por lo que la resistencia será menor, de ahí que el coeficiente sea negativo. Para los termistores PTC, en el caso de un semiconductor con un dopado muy intenso, éste adquirirá propiedades metálicas, tomando un coeficiente positivo en un margen de temperatura limitado. Usualmente, los termistores se fabrican a partir de óxidos semiconductores, tales como el óxido férrico, el óxido de níquel, o el óxido de cobalto [9].

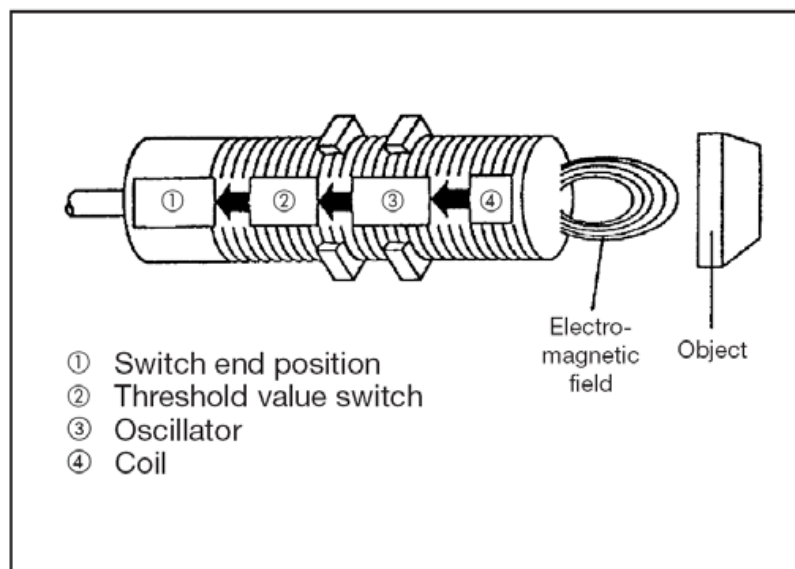
Curva característica de ejemplo:



**FIGURA 11** Termistor NTC

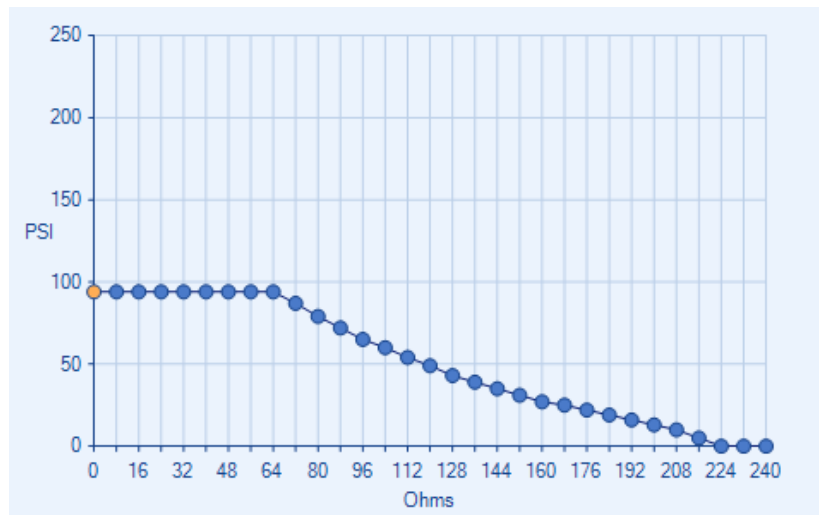
**Fuente. Autor**

**Sensor inductivo:** En general, los sensores de proximidad inductivos, se componen de cuatro elementos básicos: la bobina, un oscilador, un circuito de disparo, y un circuito de conmutación de salida, protegido contra corto-circuitos. El oscilador, genera un campo electromagnético de alta frecuencia, el cual será emitido por la bobina, radiando desde la superficie de la zona sensitiva. Al penetrar un objeto metálico en éste campo electromagnético, se producen unas corrientes parásitas, que absorben energía, tanto del campo electromagnético, como del oscilador. Esta absorción de energía, llamada atenuación, se incrementa al acercarse el objeto metálico a la superficie sensible. El circuito de disparo activa el circuito de salida, al excederse un determinado valor de atenuación. En los detectores de proximidad de DC (CC), el circuito de salida puede ser un transistor NPN, que conectará una carga al polo negativo, o también puede ser un transistor PNP que conecta la carga al polo positivo. En las unidades previstas para AC (CA) un thyristor o un triac suelen ser los que efectúan la conmutación [10].



**FIGURA 12** Conformación Sensor Inductivo.  
**Fuente [10].**

**Sensor de presión de aceite:** Sensor piezo resistivo, la presión del aceite ejerce una fuerza sobre un diafragma, dando como resultado la variación de la resistencia interna (potenciómetro) del instrumento de medición. El sensor es alimentado por un voltaje proveniente de la tarjeta de control, la variación de la resistencia del potenciómetro genera una variación en la caída de potencial que es proporcional a la presión del aceite.



**FIGURA 13** Curva sensor  
**Fuente. DEEP SEA PLC SOFTWARE**



### **5.3. MARCO CONTEXTUAL**

El proyecto será aplicado en el grupo generador del edificio de sistemas de la Universidad Tecnológica de Pereira, el cual provee energía al edificio de la facultad de sistemas.

## 6. DISEÑO METODOLOGICO

### 6.1. METODO

Se evaluó las variables físicas en el modo de operación, con el fin de seleccionar los elementos primarios que permitan la comunicación con la máquina y el sistema de control que se implemento.

Se realizaron pruebas de fallo al modulo digital implementado para garantizar el correcto funcionamiento del modulo digital.

Las variables involucradas en el control del grupo generador son las siguientes:

1. Temperatura del motor. [ $^{\circ}\text{C}$  o  $^{\circ}\text{F}$ ]
2. Presión del aceite. [bar o PSI]
3. Voltaje generado. [Volts Ac]
4. Corriente entregada al sistema [Ampere]
5. Frecuencia [Hz]
6. Velocidad del motor [Revoluciones por minuto RPM]
7. Potencia [Watt KW y KVA]
8. Voltaje de batería [Volts Dc.].
9. Tiempo de trabajo [Hora: Minuto: Segundo].
10. Voltaje de alternador [Volts Dc.].
11. Factor de potencia.

Variables a controlar: Presión de aceite, temperatura motor, voltaje generado, frecuencia, velocidad del motor.

Variables independientes: Voltaje generado, presión del aceite, temperatura del motor, velocidad del motor, voltaje de batería, potencia generada.

Variables dependientes: Frecuencia, corriente entregada al sistema, potencia.

El proyecto se llevó a cabo desarrollando las siguientes etapas:

**Etapas**1. Identificación y estudio de componentes del grupo generador.

**Etapas** 2. Identificación de conexión de la tarjeta de control actual

**Etapas** 3. Inventario y evaluación de los sensores

**Etapas** 4. Inventario y evaluación de los actuadores

**Etapas 5.** Instrumentación y cableado del equipo

**Etapas 6.** Rediseño del plano eléctrico sugerido.

**Etapas 7.** Selección del tipo de controlador, programación e implementación

**Etapas 8.** Puesta a punto del equipo

**Etapas 9.** Pruebas con carga del grupo generador.

Como criterio de validez y confiabilidad se tuvo en cuenta las normas que aplican al control de maquinaria rotativa para generación de energía eléctrica, como:

- NTC 2805 “MAQUINAS ELECTRICAS ROTATORIAS. CARACTERISTICAS NOMINALES Y CARACTERISTICAS DE FUNCIONAMIENTO”

Se uso para dar a entender conceptos que hacen parte de un sistema importante para el grupo generador, el sistema de refrigeración del el equipo, este permite evitar el calentamiento de las partes del motor

- NTC 4588 “MAQUINAS ELECTRICAS ROTATORIAS. GENERADORES DE CORRIENTE ALTERNA (C.A) PARA EQUIPOS DE GENERACION IMPULSADOS POR MOTORES DE COMBUSTION INTERNA RECIPROCA (RIC)”.

Se uso para conceptualizar dos variables a controlar en el proyecto. Estas variables comprometen dos partes esenciales del grupo generador, la velocidad nominal compromete el motor y este a su vez esta acoplado al generador por medio de la volante, este se encarga de producir la tensión nominal

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1. IDENTIFICACIÓN Y ESTUDIO DE COMPONENTES DEL GRUPO GENERADOR.

Se realizo un inventario de los componentes mecánicos, de instrumentación y componentes electromecánicos.

Tablero de control:

Se realizo un levantamiento de planos físicos del tablero, en la parte exterior e interior, para analizar la modificación física para ubicar la tarjeta digital.

Se identifico que tipo de tarjeta controlaba el encendido del equipo, tarjeta de control *BROADCROWN AUTOSTART 705*.

**Tabla 1** Componentes exteriores tablero de control

INSTRUMENTO	VARIABLE	RANGO	CLASE	TECNOLOGIA
VOLTIMETRO / SELECTOR FASE	Volts Ac	0 - 300	Análogo	Electromecánico
AMPERIMETRO / SELECTOR FASE	Ampere Ac	0 - 300	Análogo	Electromecánico
FRECUENCIMETRO	Hertz - Hz	45 - 65	Análogo	Electromecánico
MANOMETRO	Presión - PSI / bar	0 - 100 / 0 - 7	Análogo	Electromecánico
AMPERIMETRO	Ampere Dc.	-60 - 60	análogo	Electromecánico
MEDIDOR TEMPERATURA	Grados Celsius - ° C	60 - 150	análogo	Electromecánico
PARO DE EMERGENCIA	Normalmente cerrado		NC	Mecánico
HOROMETRO	Tiempo de trabajo	HORAS / 220 V Ac	Análogo	Electromecánico
FUSIBLE (3)	Protección fases del generador	2 Ampere	-----	-----
FUSIBLE	Protección alimentación Voltaje Dc.	10 Ampere	-----	-----
LLAVE DE ENCENDIDO	Automático y manual			Mecánico

### **Solenoides de combustible**

**Marca:** *FRAMELCARE*

**Alimentación:** 12 V

**Serial:** #UCD224F

**Funcionamiento:** Operación normal al energizar.

**Adecuación:** No

### **Motor de arranque**

**Funcionamiento:** Operación normal

### **Alternador**

**Marca:** *JHON DEERE*

**Voltaje de carga:** 14 V Dc. Regulación automática

**Amperaje:** 55 A. DC.

**Funcionamiento:** Operación normal, no envía señal de carga de batería al control.

**Adecuación:** Implementar cableado para enviar la señal de la carga de batería y programación de puerto de entrada en el modulo a instalar.

### **Breaker de protección de salida de potencia:**

**Marca:** *ABB*

**Modelo:** 5AL153

**Funcionamiento:** Operación normal.

**Adecuación:** No

### **Motor**

**Marca:** *JOHN DEERE*

**Serial:** CD4039T418342

**Fabricación:** Francia

**Funcionamiento:** Operación normal. Motor de 4 tiempos DIESEL

### **Generador**

**Marca:** *STAMFORD*

**Funcionamiento:** Operación normal.

### **Sensor de presión de aceite**

**Resistencia:** 251 Ohm

**Acondicionamiento:** Cambio de sensor, el modulo DSE7320, exige un sensor de presión de aceite con una resistencia de 240 Ohm.

### **Sensor de temperatura de agua**

**Resistencia:** 1600 Ohm

**Acondicionamiento:** Cambio de sensor, el modulo DSE7320, exige un sensor de temperatura con una resistencia de 480 Ohm.

## Batería

**Marca:** MAC.

**Modelo:** 4D 1300

**Voltaje nominal:** 12 V Dc.

## 7.2. IDENTIFICACION DE CONEXIONES DE LA TARJETA DE CONTROL ACTUAL

Las conexiones del *BROADCASTCROWN AUTOSTART 705* eran conectadas a una bornera de 30 puestos:

**Tabla 2 conexiones de la tarjeta *BROADCASTCROWN AUTOSTART 705***

1	<i>(- Ve DC supply)</i>
2	<i>Charge fail input</i>
3	<i>(+ Ve DC power supply)</i>
4	<i>(+ Ve DC RELAYS / Emergency stop)</i>
5	<i>Magnetic Pick up</i>
6	<i>Ouput 1 (Transistor)</i>
7	<i>Ouput 2 (Transistor)</i>
8	<i>A800 enable (engine running)</i>
9	<i>Ouput 3(Transistor)</i>
10	<i>Ouput 4: - Ve output</i>
11	<i>Remoto start / main fail input</i>
12	<i>No connection</i>
13	<i>Off output: - Ve Dc</i>
14	<i>Manual Output</i>
15	<i>Auto output</i>
16	<i>Input 1: low oil pressure.</i>
17	<i>Input 2: high engine temperature.</i>
18	<i>Input 3</i>
19	<i>Input 4</i>
20	<i>Input 5</i>
21	<i>Index input.</i>
22	<i>Fuel output</i>
23	<i>Starter output</i>
24	<i>Output 5 (alarm).</i>
25	<i>NO: Output 6 (Gen contactor).</i>
26	<i>CO: Volt free</i>
27	<i>Manual start / manual stop.</i>
28	<i>Connection to manual start.</i>
29	<i>Line</i>

30	Neutral
----	---------

### 7.3. INVENTARIO Y EVALUACION DE LOS SENSORES

#### Sensor de presión de aceite

**Resistencia:** 251 Ohm

**Acondicionamiento:** Cambio de sensor, el modulo DSE7320, exige un sensor de presión de aceite con una resistencia de 240 Ohm.

#### Sensor de temperatura de agua

**Resistencia:** 1600 Ohm

**Acondicionamiento:** Cambio de sensor, el modulo DSE7320, exige un sensor de temperatura con una resistencia de 480 Ohm.

Los sensores de temperatura y presión de aceite se encontraban con operación normal, fueron cambiados debido a los requisitos de instrumentación del modulo a instalar

#### Pick up:

El equipo no se encontraba instrumentado con el sensor inductivo de pick up, para controlar la velocidad del motor, detectando la frecuencia producida por los dientes de la volante

- Para efectuar la adecuación del pick up, se realizo un conteo manual de los dientes de la volante del motor; dientes en total 129.
- Se efectuaron las medidas de la rosca donde el sensor debía ser instalado; rosca  $\frac{3}{4}$  “.

### 7.4. INVENTARIO Y EVALUACION DE LOS ACTUADORES.

#### Solenoides de combustible

**Marca:** FRAMELCARE

**Alimentación:** 12 V Dc.

**Serial:** #UCD224F

**Funcionamiento:** Operación normal

**Adecuación:** No, parte del cableado reutilizada

#### Motor de arranque

**Funcionamiento:** Operación normal, relevo de automático de arranque en perfecto funcionamiento, 12 V. DC.

#### **Alternador**

**Marca:** *JHON DEERE*

**Voltaje de carga:** 14 V Dc. Máximo

**Amperaje:** 55 A.

**Funcionamiento:** Operación normal, no envía señal de carga de batería al control.

**Adecuación:** Implementar cableado para enviar la señal de la carga de batería.

#### ***Breaker* de protección de salida de potencia:**

**Marca:** *ABB*

**Modelo:** 5AL153

**Funcionamiento:** Operación normal.

**Adecuación:** No



## **7.5. INSTRUMENTACION Y CABLEADO DEL EQUIPO.**

- **SENSOR DE BAJA PRESION DE ACEITE:**

Se reutilizo el cable desde el sensor hasta el conector del tablero de control y se implemento un nuevo cable para el paro de presión de aceite. Debido a que se instalo un sensor marca VDO; este sensor tiene un funcionamiento dual, traduce la presión del aceite para ser monitoreada y funciona como paro de presión de aceite, que envía una señal al modulo cuando la presión alcanza una presión por debajo de la nominal del equipo (75 PSI) para que el modulo apague el sistema (Esta señal debe ser programada en el modulo); indicando que el equipo presenta fallas en el sistema de lubricación.

Al instrumentar el equipo con sensor de presión de aceite y paro de presión de aceite, el equipo tiene doble protección contra caídas de presión de aceite, ya que mediante la transducción de la variable se programo el modulo para detectar fallas según el rango de presión (Fallas de presión interrumpen el funcionamiento del equipo).



**FIGURA 14 VDO Presión aceite**  
**Fuente. Autor**

- **SENSOR DE TEMPERATURA:**

Se instalo un paro de temperatura, este detecta una temperatura superior a la temperatura nominal del equipo, envía una señal al modulo indicando la falla (esta señal debe ser programada en el equipo), el modulo envía una señal para detener el funcionamiento del equipo. el paro de temperatura fue instalado en un lado de la culata del motor, donde fluye el refrigerante. Se implemento cableado para la instrumentación de este punto.

Se Instalo un nuevo sensor de temperatura que cumpliera con los requerimientos del modulo antes mencionado, se reutilizo el cableado del sensor anterior.



**FIGURA 15** Paro de temperatura  
**Fuente. Autor**

- **SENSOR INDUCTIVO PICK UP:**

Se instalo un sensor inductivo según la rosca donde está ubicado el mejor acceso a la volante del motor (rosca  $\frac{3}{4}$  “)

Se implemento un cable de 2 hilos apantallado y blindado para la conexión del sensor de velocidad (Cable UTP 5, 2 hilos, calibre 20).



**FIGURA 16** Pick Up  
**Fuente. Autor**

- **ALTERNADOR:**

Se implemento un cable desde el alternador hasta el panel de control para monitorear la carga de la batería, suministrada por el alternador.

Se modifiko los conductos de carga del alternador, debido a corrientes indeseadas hacia el modulo instalado.

Al interior del panel de control fue reutilizado en su totalidad: el cable de alimentación del control (positivo y negativo), la señales de los transformadores de corriente, ubicados en cada fase del generador (R, S, T, N)

## **7.6. REDISEÑO DEL PLANO ELECTRICO SUGERIDO**

Plano eléctrico sugerido: ANEXO 1

Plano eléctrico rediseñado: ANEXO 2

El modulo DSE7320, detecta fallas en la red, como por ejemplo la falta de la señal de una fase; como respuesta a una posible falla, una de sus funciones es trabajar como transferencia automática; la transferencia automática envía una señal remota al modulo para que el grupo generador se encienda cuando hay una posible falla en la red, en pocos segundos envía una señal análoga para la apertura del contacto de la red y posteriormente se cierra el contacto del grupo generador, para dar paso al fluido eléctrico.

Esta función no fue configurada debido a que el equipo ya tenía una transferencia automática aparte.

El fabricante del modulo sugiere protecciones con fusibles en las señales de las fases del generador, estos fusibles en el diseño nuevo fueron cambiados con mini-breaker; protecciones termomagneticos más eficientes que los fusibles. (Protección de 6 Ampere instalada)

El fabricante del modulo sugiere una conexión de la solenoide de combustible directa desde el mismo. El nuevo diseño conecta la señal de la solenoide de combustible a un contacto abierto de un relee, su bobina es energizada por el modulo, primero protegida por un mini-breaker, para así proteger el modulo de sobre corrientes. El modulo energiza la bobina del relee, un punto del contacto abierto esta directo una conexión positiva de batería, el otro punto del contacto abierto está conectado a la solenoide de combustible. Cuando el modulo envía la señal de la solenoide de combustible energiza la bobina y cierra el contacto para energizar la bomba de combustible. (Protección de 10 Ampere instalada)

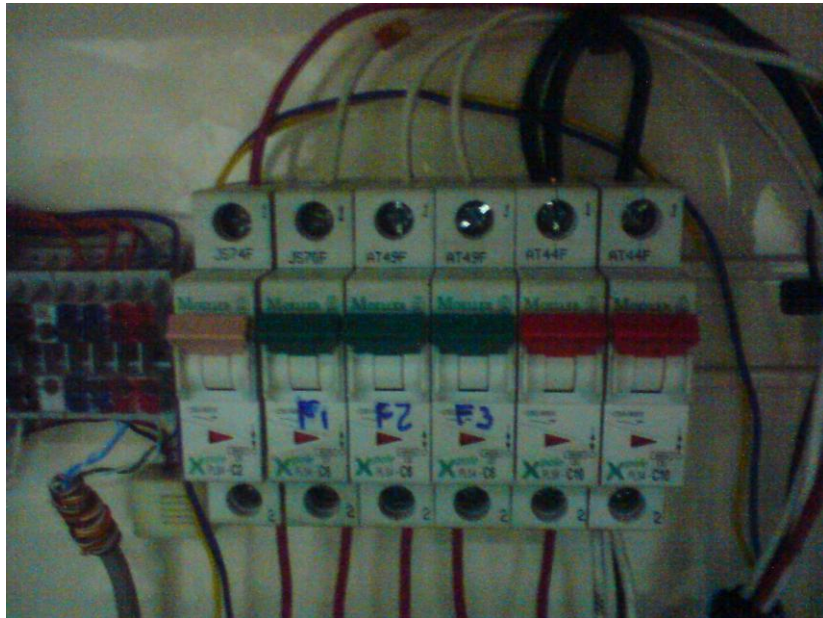
Todo esto para proteger el modulo de corrientes no deseadas.

La conexión del motor de arranque posee la misma conexión de la solenoide de combustible: El modulo energiza la bobina de un relee, actuando un contacto abierto del mismo, alimentando el positivo del automático del motor de arranque. Este también está protegido por un mini-breaker, y se configura con un relee, para darle una doble protección para corrientes no deseadas. (Protección de 10 Ampere instalada)

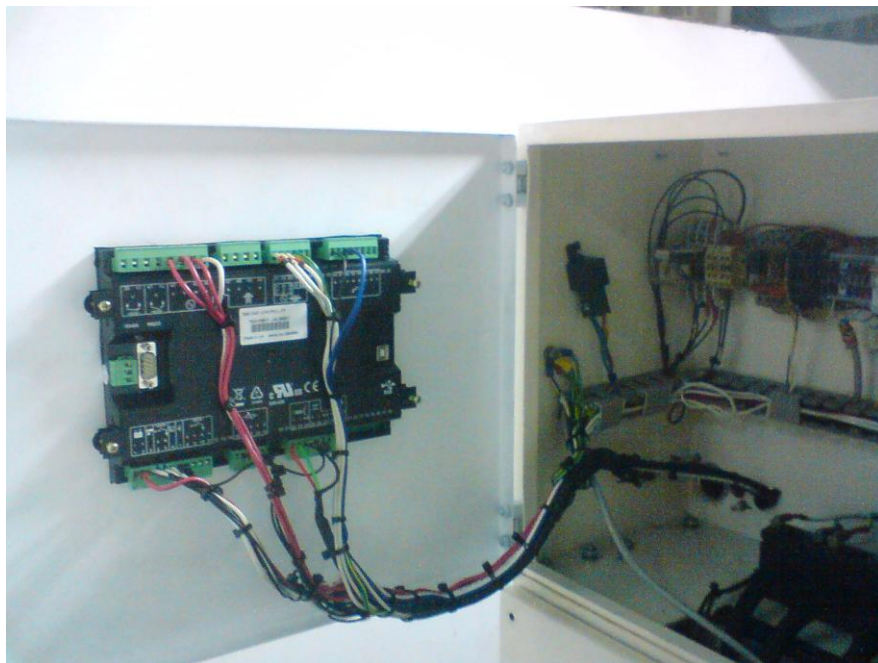
El fabricante del modulo sugiere protecciones con un fusible para la alimentación de la batería antes de llegar al modulo, esto fue cambiado por un mini-breaker. (Protección de 10 Ampere instalada).

Fue instalado un mini-breaker de 2 Ampere, para apagar y prender modulo en caso de mantenimiento y como una protección adicional para corrientes indeseadas.





**FIGURA 17** Mini-Breaker  
**Fuente. Autor**



**FIGURA 18** Tablero Nuevo  
**Fuente. Autor**

## **7.7. SELECCIÓN DEL TIPO DE CONTROLADOR, PROGRAMACIÓN E IMPLEMENTACIÓN**

**CONTROLADOR:** DSE 7320 (ANEXO 3)

**PROGRAMACION:** La programación del modulo fue realizada mediante un computador vía USB.

- **Paro de baja presión de aceite:** Se programo la entrada digital C del modulo con un contacto que al cerrar activa la señal
- **Paro de alta temperatura del motor:** Se programo la entrada digital D del modulo con un contacto que al abrir activa la señal, debido a que el instrumento se activa abriendo un contacto
- **Señal remota:** Se programo la entrada digital A del modulo con un contacto que al abrir activa la señal. La señal remota desde la transferencia automática está conectada a un relee dentro del panel de control que mediante un contacto cerrado indica la presencia del fluido eléctrico en la red, cuando la red falla este contacto se abre indicando la usencia de la red activando el grupo generador para suministrar fluido eléctrico.

### Digital Input A

Function

Remote Start Off Load

Polarity

Open to Activate

Action

Arming

LCD Display

Activation Delay 0s

### Digital Input B

Function

Lamp Test

Polarity

Close to Activate

Action

Arming

LCD Display

Activation Delay 0s

### Digital Input C

Function

Oil Pressure Switch

Polarity

Close to Activate

Action

Arming

LCD Display

**FIGURA 19** Interfaz de programación, entradas digitales A, B, C

**Fuente. Autor. Software DSE 7320, Interfaz de programación**

- **Presión de aceite:** En la Figura 20. Se aprecia los rangos de presión para un apagado por baja presión a 15 PSI y algunas pre-alarmas que se configuraron para alertar al usuario por posibles fallas.

**Oil Pressure**

**Input Type**

VDO 10 Bar

**Sensor Open Circuit Alarm**

Enable Open Circuit Alarm ☒

**Low Oil Pressure Alarms**

Shutdown ☒

Trip  Bar 15.08 PSI, 104 KPa

Pre-alarm ☒

Trip  Bar 22.77 PSI, 157 KPa

Return  Bar 25.09 PSI, 173 KPa

**FIGURA 20** Interfaz de programación, entradas digitales Presión de aceite

**Fuente. Autor. Software DSE 7320, Interfaz de programación**

- **Temperatura de agua:** En la Figura 21. Se aprecia los rangos de temperatura para un apagado por alta temperatura a 96 ° C y algunas pre-alarmas que se configuraron para alertar al usuario por posibles fallas.



### Coolant Temperature Alarms

Input type

User defined

#### High Coolant Temperature Alarms

Shutdown  
 Trip  °C  205 °F

Electrical Trip ☐  
 Trip  °C  203 °F

Pre-alarm ☒  
 Trip  °C  194 °F  
 Return  °C  190 °F

#### Low Coolant Temperature Alarms

Pre-alarm ☐  
 Return  °C  167 °F  
 Trip  °C  158 °F

**FIGURA 21** Interfaz de programación, entradas digitales. Temperatura del refrigerante

**Fuente. Autor. Software DSE 7320, Interfaz de programación**

- **Voltaje de generador:** Se aprecia en la figura 22. El voltaje nominal 220 V, un apagado por bajo y alto voltaje de 180 V Y 260 V; voltaje al conectar carga al generador de 208 V. Algunas pre-alarmas fueron configuradas para alertar el usuario por alto y bajo voltaje.

**Under Voltage Alarms**

Alarm ☒

Action Shutdown

Trip 180 v PhPh 81,9 % 180v PhPh

Pre-alarm ☒

Trip 191 v PhPh 86,6 % 191v PhPh

---

**Loading Voltage**

Loading Voltage 208 v PhPh 94,5 % 208v PhPh

Enable Alarm ☐

Action Warning

---

**Nominal Voltage**

220 v PhPh 100,00 % 220v PhPh

---

**Over Voltage Alarms**

Pre-alarm ☒

Return 230 v PhPh 104,7 % 230v PhPh

Trip 241 v PhPh 109,4 % 241v PhPh

Shutdown

Trip 260 v PhPh 118,1 % 260v PhPh

FIGURA 22 Interfaz de programación, Voltaje de generador

**Fuente. Autor. Software DSE 7320, Interfaz de programación**

- **Frecuencia de generador:** Se aprecia en la figura 23. La frecuencia nominal 62 Hz, un apagado por baja y alta frecuencia de 55 Hz Y 65 Hz. Algunas pre-alarmas fueron configuradas para alertar el usuario.

**Under Frequency Alarms**

Alarm ☒

Action Shutdown

Trip 55.0 Hz 88,7 %

Pre-alarm ☒

Trip 57.0 Hz 91,9 %

**Loading Frequency**

Loading Frequency 60.0 Hz 96,8 %

Alarm ☐

Action Warning

**Nominal Frequency**

62.0 Hz 100 %

**Over Frequency Alarms**

Pre-alarm ☒

Return 63.5 Hz 102,4 %

Trip 64.0 Hz 103,2 %

Shutdown ☒

Trip 65.0 Hz 104,8 %

**FIGURA 23** Interfaz de programación, Frecuencia del generador  
**Fuente. Autor. Software DSE 7320, Interfaz de programación**

- **Corriente de generador:** Se aprecia en la figura 24. La corriente de las fases del generador a 165 A Max, un apagado por alta corriente de 171 A.

### Generator Current

#### Generator Current Options

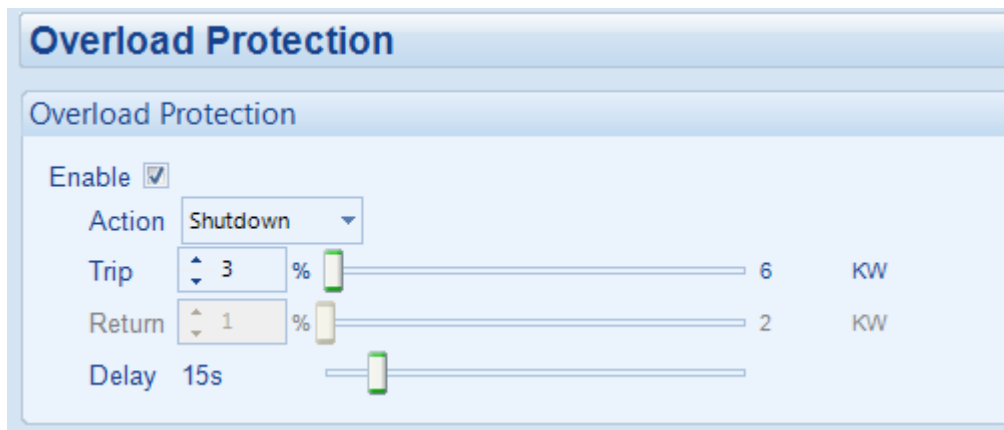
CT Primary (L1,L2,L3,N)	165	A	
CT Secondary	5 Amp		
CT Location	Gen		
Full Load Rating	150	A	
Earth CT Primary	5	A	

#### Overcurrent Alarm

Immediate Warning	<input checked="" type="checkbox"/>	
IDMT Alarm	<input checked="" type="checkbox"/>	
Trip	114	%
Time Multiplier	30	
Action	Shutdown	

**FIGURA 24** Interfaz de programación, Corriente del generador  
**Fuente. Autor. Software DSE 7320, Interfaz de programación**

- **Potencia de generador (protección por sobrecarga temporal) :** Se programo un apagado del equipo con una sobrecarga temporal de 3 % más que la entregada por el generador por 15 segundos



**FIGURA 25** Interfaz de programación, Protección por sobrecarga  
**Fuente. Autor. Software DSE 7320, Interfaz de programación**

- **Desconexión de motor de arranque** : Se programo la desconexión del motor de arranque a 12 Hz, o 400 RPM



**FIGURA 26** Interfaz de programación, Desconexión de motor de arranque  
**Fuente. Autor. Software DSE 7320, Interfaz de programación**

- **Ajustes de velocidad:** Se programo un apagado del grupo generador a 1600 Hz y otro 2050 Hz, baja y alta velocidad. Se configuraron algunas pre-alarmas

**Speed Settings**

**Under Speed**

Alarm ☒

Action Shutdown

Trip 1600 RPM

Pre-alarm ☒

Trip 1650 RPM

Return 1670 RPM

**Over Speed**

Pre-alarm ☒

Return 1900 RPM

Trip 1915 RPM

Shutdown

Trip 2050 RPM

**FIGURA 27** Interfaz de programación, Ajustes velocidad  
**Fuente. Autor. Software DSE 7320, Interfaz de programación**

- **Batería de la planta:** Se programo un apagado del grupo generador cuando la carga del alternador este a un nivel de 11.5 V Dc. Se configuraron algunas alarmas por bajo y alto voltaje de la batería, 12 V Dc. y 14.5 V Dc.

Plant Battery

Voltage Alarms

Undervolts ☒

Warning  V DC

Return  V DC

Delay 5m

Overvolts ☒

Return  V DC

Warning  V DC

Delay 1m

Charge Alternator Alarm

Shutdown ☒

Trip  V DC

Delay 30s

Warning ☒

Trip  V DC

Delay 5m

**FIGURA 28** Interfaz de programación, Alternador y batería  
**Fuente. Autor. Software DSE 7320, Interfaz de programación**

El modulo fue implementado e instalado en una puerta del tablero de control aparte que fue mecanizada en un taller metalmecánico. Se instalo en el tablero de control cambiándolo por la puerta anterior.

Se ubico una posición estratégica el paro de emergencia.



**FIGURA 29** Paro de emergencia  
**Fuente. Autor**



## **7.8. PUESTA PUNTO DEL EQUIPO.**

Se realizaron pruebas al modulo para verificar su correcto funcionamiento:

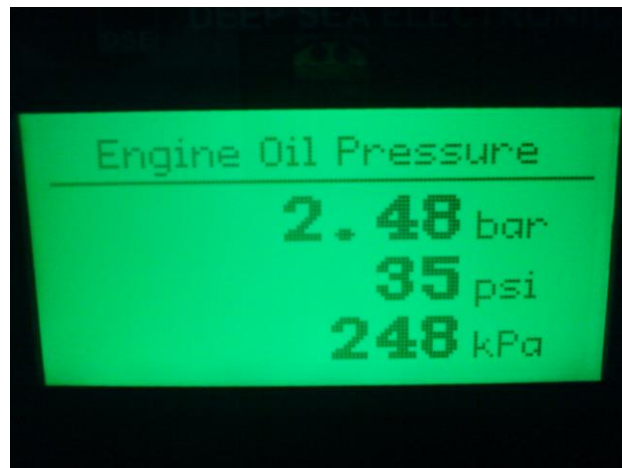
- Paro de presión de aceite: se simulo manualmente un paro por baja presión de aceite, cortocircuitando el instrumento con tierra. Correcto funcionamiento.
- Paro de temperatura de agua: Se desconecto el contacto para simular, una activación del sensor. Correcto funcionamiento.
- Pick up: Se desconecto una señal del pick up, para que el modulo no detectara velocidad y se alarmara por baja velocidad. Correcto funcionamiento.
- Encendido automático: se desconecto el relee de remoto para simular el contacto abierto. El equipo encendió y genero voltaje normalmente. Correcto funcionamiento.
- Paro de emergencia: Se verifico el funcionamiento del paro activándolo. Correcto funcionamiento.
- Numero de arranques: Se programaron máximo 3 arranques para un encendido del equipo. simulación desconectando la señal positiva del automático del arranque; logrando así efectuar la prueba. Correcto funcionamiento.
- Falta de fase del generador: Se encendió el equipo, la simulación es efectuada activando una protección de una fase (mini-breaker), el equipo apago. Correcto funcionamiento.
- Se verificaron las lecturas del equipo: Voltaje [FASE - FASE / FASE – N], presión, temperatura, amperios, voltaje batería, carga alternador, velocidad del motor, potencia (kW y kVA), frecuencia, factor de potencia, historial de fallas, historial de encendidos del equipo. Correcto funcionamiento.

### **7.9. PRUEBA CON CARGA CON ENCENDIDO REMOTO**

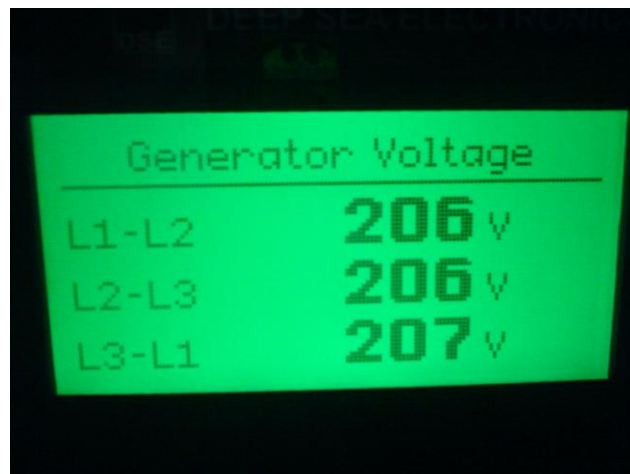
Se realizo una prueba con carga al grupo generador, generando un encendido remoto simulando una falla en la tensión en la red, en la subestación eléctrica. Se activo el modo de prueba en la transferencia automática, se desactivo el dispositivo de la red eléctrica, el equipo encendió, genero voltaje y opero normalmente, la transferencia activo automáticamente el dispositivo de emergencia. La transferencia automática opero normalmente



**FIGURA 30** Velocidad motor  
**Fuente. Autor**



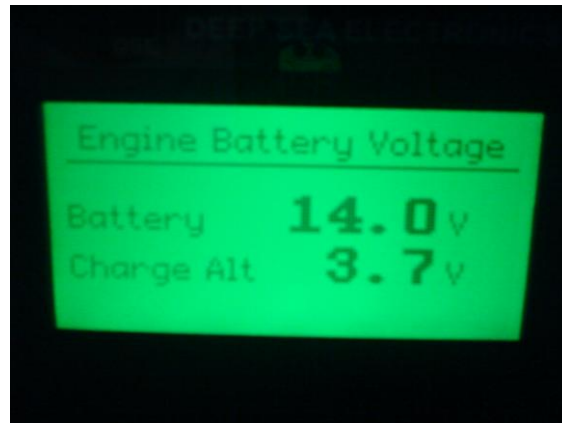
**FIGURA 31** Presión de aceite  
**Fuente. Autor**



**FIGURA 32** Voltaje Ac F-F  
**Fuente. Autor**



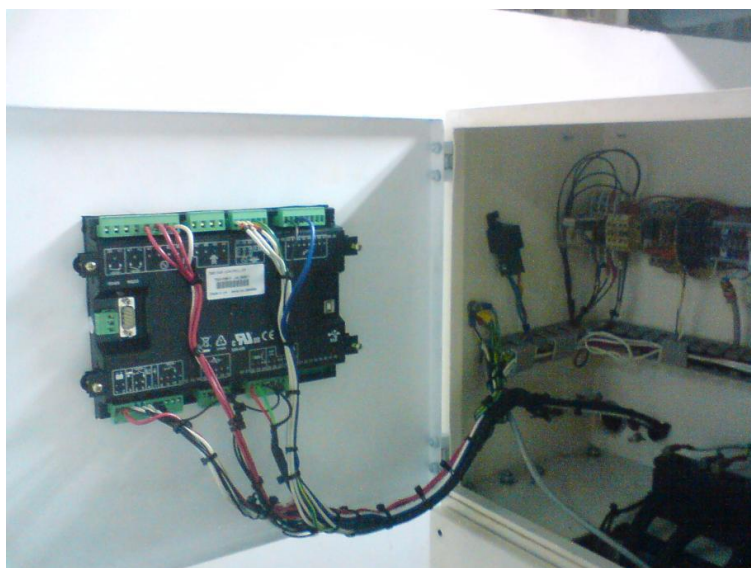
**FIGURA 33** Temperatura de Refrigerante  
**Fuente. Autor**



**FIGURA 34** Batería y alternador  
**Fuente. Autor**



**FIGURA 35** Frecuencia y Voltaje  
**Fuente. Autor**



**FIGURA 36** Tablero de control instalado (interior)  
**Fuente. Autor**



**FIGURA 37** DSE 7320  
**Fuente. Autor**

## 8. CONCLUSIONES

- Se garantizo al final la confiabilidad y estabilidad de la generación de energía eléctrica.
- El equipo opero normalmente frente a las pruebas efectuadas, para la identificación de fallas.
- Se instalo doble protección en las variables de temperatura y presión de aceite mediante la instrumentación de sensores y paros. Para garantizar una rápida respuesta del modulo frente a posibles fallas.
- Se implemento la señal de carga del alternador (no se utilizaba en el control anterior), para poder así monitorear la señal y apagar el equipo frente a posibles fallas.
- Se instalaron mejores protecciones al modulo (protecciones termomagneticos).
- Se mejoro el diseño para el encendido del equipo, instalando relees para las señales de solenoide de combustible y motor de arranque.
- El equipo es apto en este momento para establecer comunicación con el edificio inteligente mediante el protocolo MODBUS RTU por la vía RS485.
- El sistema de control permite controlar y monitorear nuevas variables físicas del equipo:
  1. Factor de potencia  $[F.P/ \cos\phi]$ .
  2. Potencia activa [kW]
  3. Potencia aparente [kVA]
  4. Potencia reactiva [kVAr]
  5. Velocidad [RPM]
  6. Historial de fallas
  7. Historial de encendidos
  8. Voltaje de batería [Volt DC]
  9. Carga de alternador [Volt DC]
  10. Ciclos de arranque; tiempo de duración.
- El proyecto puede ser aplicado efectuando un previo análisis para efectuar las modificaciones a cualquier grupo generador.

## **9. PERSONAS QUE PARTICIPAN EN EL PROYECTO**

### **DIRECTOR DEL TRABAJO.**

Ing. Osiel Arbeláez

### **ASESORES**

Ing. Hernando Dominguez Olmos

Ing. Gonzalo Dominguez Olmos

Ing. Cesar Cortés

### **EJECUTOR**

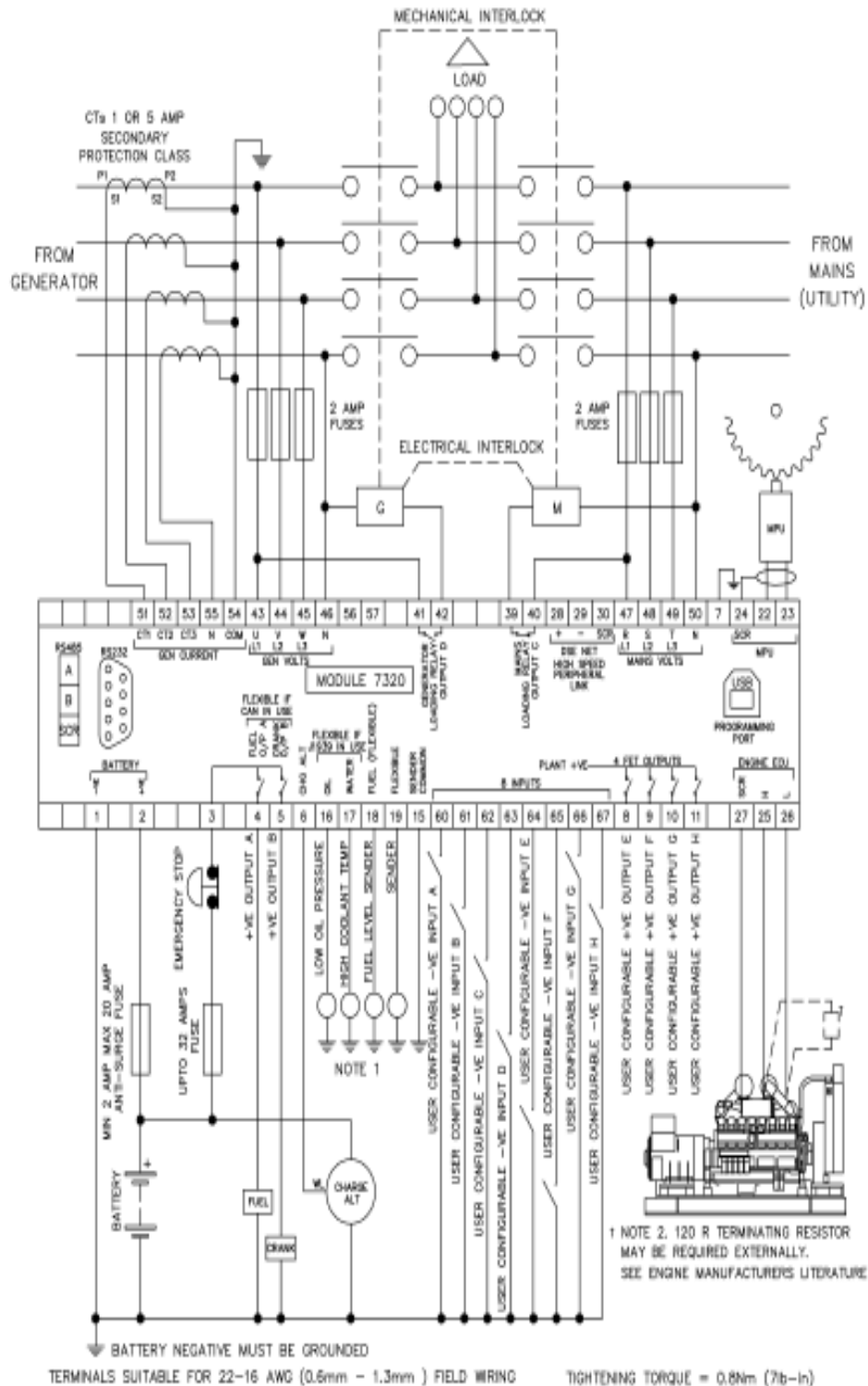
Miguel Darío Domínguez Castaño.



## 10. BIBLIOGRAFIA

- [1] Norma Técnica Colombia, NTC 2805, “MAQUINAS ELECTRICAS ROTATORIAS. CARACTERISTICAS NOMINALES Y CARACTERISTICAS DE FUNCIONAMIENTO””, 3.18 Refrigerante.
- [2] Norma Técnica Colombia, NTC 2805, “MAQUINAS ELECTRICAS ROTATORIAS. CARACTERISTICAS NOMINALES Y CARACTERISTICAS DE FUNCIONAMIENTO”, 3.17 Refrigeración.
- [3] Norma Técnica Colombia, NTC 4588, “MAQUINAS ELECTRICAS ROTATORIAS. GENERADORES DE CORRIENTE ALTERNA (C.A) PARA EQUIPOS DE GENERACION IMPULSADOS POR MOTORES DE COMBUSTION INTERNA RECIPROCA (RIC)”, 3 .15 Velocidad nominal.
- [4] Norma Técnica Colombia, NTC 4588, “MAQUINAS ELECTRICAS ROTATORIAS. GENERADORES DE CORRIENTE ALTERNA (C.A) PARA EQUIPOS DE GENERACION IMPULSADOS POR MOTORES DE COMBUSTION INTERNA RECIPROCA (RIC)”, 3.21 Tensión nominal.
- [5] <http://es.wikipedia.org/wiki/Gas%C3%B3leo#Etimolog.C3.ADa>, tomada 08/06/2010.
- [6] <http://es.wikipedia.org/wiki/Temperatura>, tomada 08/06/2010.
- [7] <http://es.wikipedia.org/wiki/RS-485>, tomada 08/06/2010.
- [8] <http://es.wikipedia.org/wiki/Modbus>, tomada 08/06/2010.
- [9] <http://es.wikipedia.org/wiki/Termistor>, tomada 08/06/2010.
- [10] [http://www.fornvalls.com/pdfs/sensores-induc\\_es.pdf](http://www.fornvalls.com/pdfs/sensores-induc_es.pdf), tomada 08/06/2010.

## 11. ANEXO1



## **12. ANEXO 2**

PDF ANEXO3

## **13. ANEXO 3**

AUTOCAD DSE

## **14. ANEXO 4**

PDF Certificación